

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-163969

(43)Date of publication of application : 09.06.1992

(51)Int.CI.

H01L 33/00

(21)Application number : 02-290057

(71)Applicant : TOYODA GOSEI CO LTD  
TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC  
UNIV NAGOYA  
RES DEV CORP OF JAPAN

(22)Date of filing : 27.10.1990

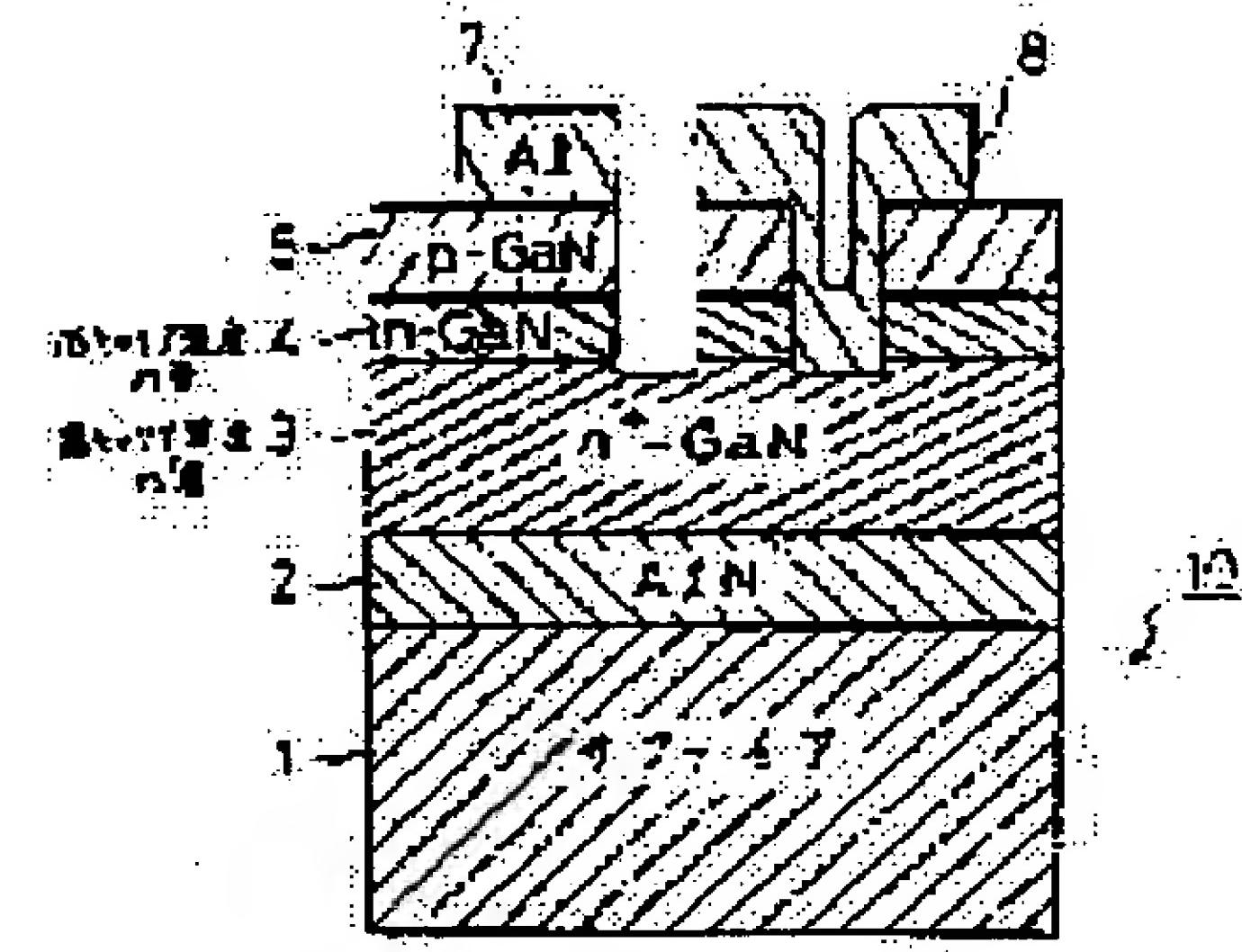
(72)Inventor : MANABE KATSUHIDE  
SASA MICHINARI  
KATO HISAYOSHI  
YAMAZAKI SHIRO  
HASHIMOTO MASAFUMI  
AKASAKI ISAMU

## (54) LIGHT EMITTING ELEMENT OF GALLIUM NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To improve emitted light intensity and to stabilize a driving voltage by forming a p-n junction in a GaN compound semiconductor light emitting element, and forming an n-type layer in a double structure of low and high carrier concentrations.

**CONSTITUTION:** In a light emitting diode 10, a buffer layer 2 is formed on a sapphire board 1, a high carrier concentration n+ type layer 3, a low carrier concentration n-type layer 4 and a p-type layer 5 are sequentially formed thereon. Electrodes 7, 8 made of aluminum are formed. The emitted light intensity of the thus constructed diode 10 is a specific value mcd, which is specific magnification as compared with the case in which an i-type layer is connected to an n-type layer simply. The number of light emitting points is increased. Further, a driving voltage is lowered by introducing the p-type layer, and its irregularity is reduced. Thus, a p-n junction is performed to increase the amount of carrier to be injected, and light emitting efficiency and luminance are improved.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑨ 日本国特許庁 (JP) ⑩ 特許出願公開  
⑪ 公開特許公報 (A) 平4-163969

⑤Int.Cl.<sup>5</sup>  
H 01 L 33/00

識別記号 C  
序内整理番号 8934-4M

⑥公開 平成4年(1992)6月9日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑦発明の名称 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

⑧特 願 平2-290057  
⑨出 願 平2(1990)10月27日

⑩発明者 真部 勝英 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

⑪発明者 佐々道成 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

⑫出願人 豊田合成株式会社 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

⑬出願人 株式会社豊田中央研究所 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

⑭出願人 名古屋大学長 愛知県名古屋市千種区不老町(番地なし)

⑮出願人 新技術事業団 東京都千代田区永田町2丁目5番2号

⑯代理人 弁理士 藤谷 修

最終頁に続く

### 明細書

#### 1. 発明の名称

窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

#### 2. 特許請求の範囲

p導電型を示す窒化ガリウム系化合物半導体(A<sub>x</sub>G<sub>1-x</sub>N; X=0を含む)からなるp層と、

前記p層に接合する低キャリア濃度の窒化ガリウム系化合物半導体(A<sub>x</sub>G<sub>1-x</sub>N; X=0を含む)から成る低キャリア濃度n層と、

前記低キャリア濃度n層に接合する高キャリア濃度の窒化ガリウム系化合物半導体(A<sub>x</sub>G<sub>1-x</sub>N; X=0を含む)から成る高キャリア濃度n'層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

#### 3. 発明の詳細な説明

##### 【産業上の利用分野】

本発明は青色発光の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関する。

##### 【従来技術】

従来、青色の発光ダイオードとしてGaN系の化合物半導体を用いたものが知られている。そのGaN

N系の化合物半導体は直接遷移であることから発光効率が高いこと、光の3原色の1つである青色を発光色とすること等から注目されている。

このようなGaN系の化合物半導体を用いた発光ダイオードは、サファイア基板上に直接又は窒化アルミニウムから成るバッファ層を介在させて、n導電型のGaN系の化合物半導体から成るn層を成長させ、そのn層の上にp型不純物を添加してi型のGaN系の化合物半導体から成るi層を成長させた構造をとっている(特開昭62-119196号公報、特開昭63-188977号公報)。

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記構造の発光ダイオードの発光強度は未だ十分ではない。又、pn接合でないため、駆動電圧がパラツキ、しかも高くなることがある。これらの改良が望まれている。

そこで、本発明の目的は、GaN系の化合物半導体の発光ダイオードの青色の発光強度を向上させること及び駆動電圧を安定させることである。

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の構成は、窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、p導電型を示す窒化ガリウム系化合物半導体( $Al_xGa_{1-x}N$ ;  $x=0$ を含む)からなるp層と、p層に接合する低キャリア濃度の窒化ガリウム系化合物半導体( $Al_xGa_{1-x}N$ ;  $x=0$ を含む)から成る低キャリア濃度n層と、低キャリア濃度n層に接合する高キャリア濃度の窒化ガリウム系化合物半導体( $Al_xGa_{1-x}N$ ;  $x=0$ を含む)から成る高キャリア濃度n<sup>+</sup>層とを形成し、pn接合を形成すると共にn層を低キャリア濃度と高キャリア濃度の二重層構造としたことである。

#### 【発明の作用及び効果】

本発明は、従来のi層とn層との接合に代えて、p層とn層との接合が可能となった。この結果、注入キャリアの量が増加し、発光効率及び発光輝度を向上させることができた。

又、n層をp層と接合する側から順に、低キャリア濃度n層と高キャリア濃度n<sup>+</sup>層との二重層構造とすることで、発光ダイオードの青色の発光強度を増加させることができた。

の上に膜厚約0.2μmのGaNから成るp層5が形成されている。そして、p層5に接続するアルミニウムで形成された電極7と高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3に接続するアルミニウムで形成された電極8とが形成されている。

次に、この構造の発光ダイオード10の製造方法について説明する。

上記発光ダイオード10は、有機金属化合物気相成長法(以下「MOVPE」と記す)による気相成長により製造された。

用いられたガスは、NH<sub>3</sub>とキャリアガスH<sub>2</sub>とトリメチルガリウム(Ga(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)(以下「TMG」と記す)とトリメチルアルミニウム(Al(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)(以下「TMA」と記す)とシラン(SiH<sub>4</sub>)とシクロヘンタジエニルマグネシウム(Mg(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>)(以下、「CP<sub>2</sub>Mg」と記す)である。

まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を正面とする単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装する。

次に、常圧でH<sub>2</sub>を流速2L/minで反応室に流し

即ち、高キャリア濃度n<sup>+</sup>層によりn層全体の電気抵抗を小さくでき、発光ダイオードの直列抵抗が下がり、発光ダイオードの発熱を抑えることができる。又、p層に接合するn層は低キャリア濃度とすること、つまりGaNを高純度化して発光領域(p層及びその近傍)の青色発光を劣化させる不純物原子濃度を抑えることができる。又、p層に接合するn層は、結晶歪みの少ないものとすることができる。以上の作用により青色の発光強度が向上した。

#### 【実施例】

以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。

第1図において、発光ダイオード10は、サファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1に500ÅのAlNのバッファ層2が形成されている。そのバッファ層2の上には、順に、膜厚約2.2μmのGaNから成る高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3と膜厚約1.5μmのGaNから成る低キャリア濃度n層4が形成されており、更に、低キャリア濃度n層4

ながら温度1100℃でサファイア基板1を気相エッチングした。

次に、温度を400℃まで低下させて、H<sub>2</sub>を20L/min、NH<sub>3</sub>を10L/min、TMGを1.8×10<sup>-5</sup>モル/minで供給してAlNのバッファ層2が約500Åの厚さに形成された。

次に、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、H<sub>2</sub>を20L/min、NH<sub>3</sub>を10L/min、TMGを1.7×10<sup>-4</sup>モル/min、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を0.86ppmまで希釈したシラン(SiH<sub>4</sub>)を200mL/minの割合で30分間供給し、膜厚約2.2μm、キャリア濃度1.5×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>のGaNから成る高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3を形成した。

続いて、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、H<sub>2</sub>を20L/min、NH<sub>3</sub>を10L/min、TMGを1.7×10<sup>-4</sup>モル/minの割合で20分間供給し、膜厚約1.5μm、キャリア濃度1×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>のGaNから成る低キャリア濃度n層4を形成した。

次に、サファイア基板1を900℃にして、H<sub>2</sub>を20L/min、NH<sub>3</sub>を10L/min、TMGを1.7×10<sup>-4</sup>モル/min、CP<sub>2</sub>Mgを3×10<sup>-6</sup>モル/minの割合で3

分間供給して、膜厚 0.2μm の GaN から成る i 層 5 を形成した。この状態では、i 層 5 は絶縁体である。

次に、反射電子線回析装置を用いて、この i 層 5 に一様に電子線を照射した。電子線の照射条件は、加速電圧 10KV、試料電流 1μA、ビームの移動速度 0.2mm/sec、ビーム径 60μm、真空中度  $2.1 \times 10^{-5}$  Torr である。この電子線の照射により、i 層 5 は抵抗率は  $10^6 \Omega \text{ cm}$  以上の絶縁体から抵抗率  $40 \Omega \text{ cm}$  の p 型電極型半導体となった。このようにして、p 型電極型を示す p 层 5 が得られる。

このようにして、第 2 図に示すような多層構造のウエハが得られた。

以下に述べられる第 3 図から第 7 図、第 9 図から第 12 図は、ウエハ上の 1 つの素子のみを示す断面図であり、実際は、この素子が連続的に繰り返されたウエハについて、処理が行われ、その後、各素子毎に切断される。

第 3 図に示すように、p 层 5 の上に、スパッタリングにより SiO<sub>2</sub> 层 1 1 を 2000 Å の厚さに形成し

た。次に、その SiO<sub>2</sub> 层 1 1 上にフォトレジスト 1 2 を塗布して、フォトリソグラフにより、そのフォトレジスト 1 2 が高キャリア濃度 n+ 層 3 及び p 层 5 に対する電極部が残るように、所定形状にパターン形成した。

次に、第 7 図に示すようにそのフォトレジスト 1 4 をマスクとして下層の Al 层 1 3 の露出部を硝酸系エッチング液でエッチングし、フォトレジスト 1 4 をアセトンで除去し、高キャリア濃度 n+ 層 3 の電極 8、p 层 5 の電極 7 を形成した。

その後、上記の如く処理されたウエハは、各素子毎に切断され、第 1 図に示す p 型構造の窒化ガリウム系発光素子を得た。

このようにして製造された発光ダイオード 1 0 の発光強度を測定したところ 10cd であった。これは、単純に i 層とキャリア濃度  $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 、厚さ 4μm の n 層とを接続した従来の発光ダイオードに比べて、発光強度が 10 倍に向上した。

さらに、i 層を使用したときの駆動電圧 (10mA) が 10~15V はらついたのが、n 層の導入により駆動電圧は 7V 程度と低くなりはらつきも少なくなっ

た。次に、その SiO<sub>2</sub> 层 1 1 上にフォトレジスト 1 2 を塗布して、フォトリソグラフにより、そのフォトレジスト 1 2 を高キャリア濃度 n+ 層 3 に対する電極形成部位 A とその電極形成部を p 层 5 に対する電極と絶縁分離する溝を形成する部位 B のフォトレジストを除去したパターンに形成した。

次に、第 4 図に示すように、フォトレジスト 1 2 によって残されていない SiO<sub>2</sub> 层 1 1 をフッ化水素酸系エッチング液で除去した。

次に、第 5 図に示すように、フォトレジスト 1 2 及び SiO<sub>2</sub> 层 1 1 によって残されていない部位の p 层 5 とその下の低キャリア濃度 n 層 4 と高キャリア濃度 n+ 層 3 の上面一部を、真空中度 0.04Torr、高周波電力  $0.44W/cm^2$  CCl<sub>4</sub>-F<sub>2</sub> ガスを 10ml / 分の割合で供給しドライエッチングした後、Ar でドライエッチングした。

次に、第 6 図に示すように、p 层 5 上に残っている SiO<sub>2</sub> 层 1 1 をフッ化水素酸で除去した。

次に、第 7 図に示すように、試料の上全面に、Al 层 1 3 を蒸着により形成した。そして、その Al

た。

又、発光面を観察した所、発光点の数が増加していることも観察された。

尚、比較のために、低キャリア濃度 n 層 4 のキャリア濃度を各種変化させた上記試料を製造して、発光強度及び発光スペクトラムを測定した。その結果を、第 8 図に示す。

キャリア濃度が増加するに連れて、発光強度が減少し、且つ、発光波長が赤色側に変位することが分かる。このことは、ドーピング元素のシリコンが p 层 5 に不純物元素として拡散または混入するためであると思われる。

又、発光ダイオード 1 0 は、次のようにして製造することもできる。

上述したのと同様な方法で、第 2 図に示すように各層を積層させる。ただし、p 层 5 に代えて i 層 5 0 (第 9 図) が積層されている。即ち、i 層 5 0 には電子線が照射されていない。従って、この積層状態では、i 層 5 0 は絶縁体 (i 型) である。

次に、この積層されたウエハにおいて、第9図に示すように、高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3に対する電極形成部位Aだけに、エッチングにより溝が形成された。

次に、第10図に示すように、i層50の一部にのみ、電子線を照射して、p導電型半導体のp層5が形成された。この時、p層5以外の部分、即ち、電子線の照射されなかった部分は、絶縁体のi層50のままである。従って、p層5は、導電方向に対しては、低キャリア濃度n<sup>-</sup>層4とpn接合を形成するが、横方向には、p層5は、周囲に対して、i層50により電気的に絶縁分離される。

次に、第11図に示すように、p層5とi層50と高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3に対する電極形成部位Aの上全面に、Al層20が蒸着により形成された。そして、そのAl層20の上にフォトレジスト21を塗布して、フォトリソグラフにより、そのフォトレジスト21が高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3及びp層5に対する電極部が残るように、所定形状にパターン形成した。

ましい。キャリア濃度が $1\times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以上となると発光強度が低下するので望ましくなく、 $1\times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以下となると発光素子の直列抵抗が高くなりすぎ電流を流すと発熱するので望ましくない。又、膜厚が2μm以上となると発光素子の直列抵抗が高くなりすぎ電流を流すと発熱するので望ましくなく、膜厚が0.5μm以下となると発光強度が低下するので望ましくない。

更に、高キャリア濃度n<sup>+</sup>層のキャリア濃度は $1\times 10^{17}\sim 1\times 10^{18}/\text{cm}^3$ で膜厚は2~10μmが望ましい。キャリア濃度が $1\times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以上となると結晶性が悪化するので望ましくなく、 $1\times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下となると発光素子の直列抵抗が高くなりすぎ電流を流すと発熱するので望ましくない。又、膜厚が10μm以上となると基板が湾曲するので望ましくなく、膜厚が2μm以下となると発光素子の直列抵抗が高くなりすぎ電流を流すと発熱するので望ましくない。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の具体的な一実施例に係る発光

次に、そのフォトレジスト21をマスクとして下層のAl層20の露出部を硝酸系エッティング液でエッティングし、フォトレジスト21をアセトンで除去し、第12図に示すように、高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3の電極52、p層5の電極51を形成した。

その後、上述のように形成されたウエハが各素子毎に切断された。

尚、マグネシウムMgのドーピングガスは、上述のガスの他、メチルシクロヘキサジエニルマグネシウムMg( $(C_6H_5)CH_3)_2$ を用いても良い。

又、上記実施例では、p層のドーピング元素は、マグネシウム(Mg)である。Mgを単にドーピングした場合には、i型(絶縁)となる。このi型の層に電子線を照射することで、p導電型に変化させることができる。電子線の照射条件としては、加速電圧1KV~50KV、試料電流0.1μA~1mAが望ましい。

又、上記低キャリア濃度n<sup>-</sup>層のキャリア濃度は $1\times 10^{14}\sim 1\times 10^{15}/\text{cm}^3$ で膜厚は0.5~2μmが望ましい。

ダイオードの構成を示した構成図、第2図乃至第7図は同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図、第8図は低キャリア濃度n<sup>-</sup>層のキャリア濃度と発光強度及び発光波長との関係を示した測定図、第9図乃至第12図は、他の製造方法による発光ダイオードの製造工程を示した断面図である。

10…発光ダイオード 1…サファイア基板

2…バッファ層 3…高キャリア濃度n<sup>+</sup>層

4…低キャリア濃度n<sup>-</sup>層 5…p層

50…i層 7, 8, 51, 52…電極

特許出願人 豊田合成株式会社

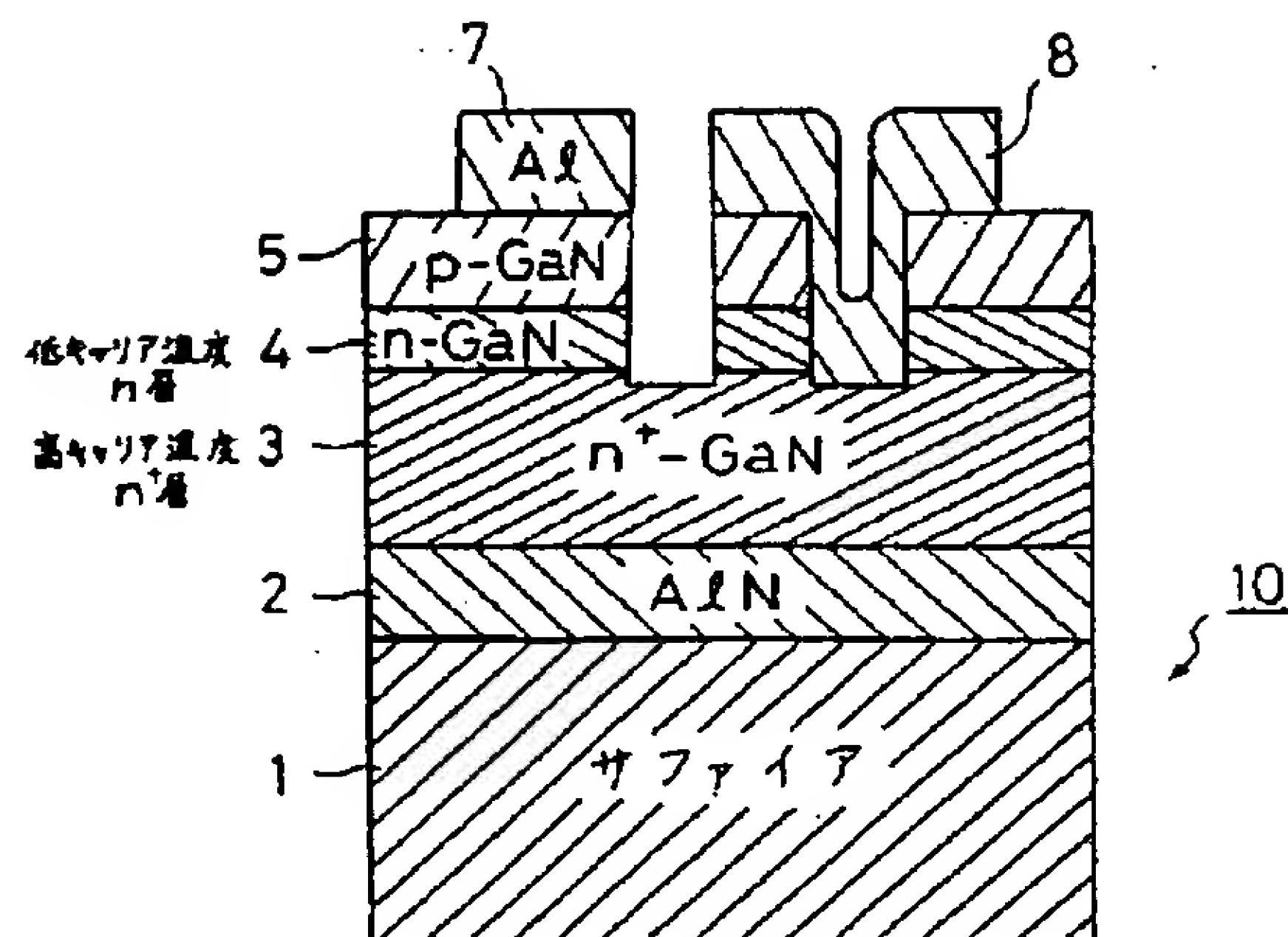
特許出願人 株式会社豊田中央研究所

特許出願人 名古屋大学長田

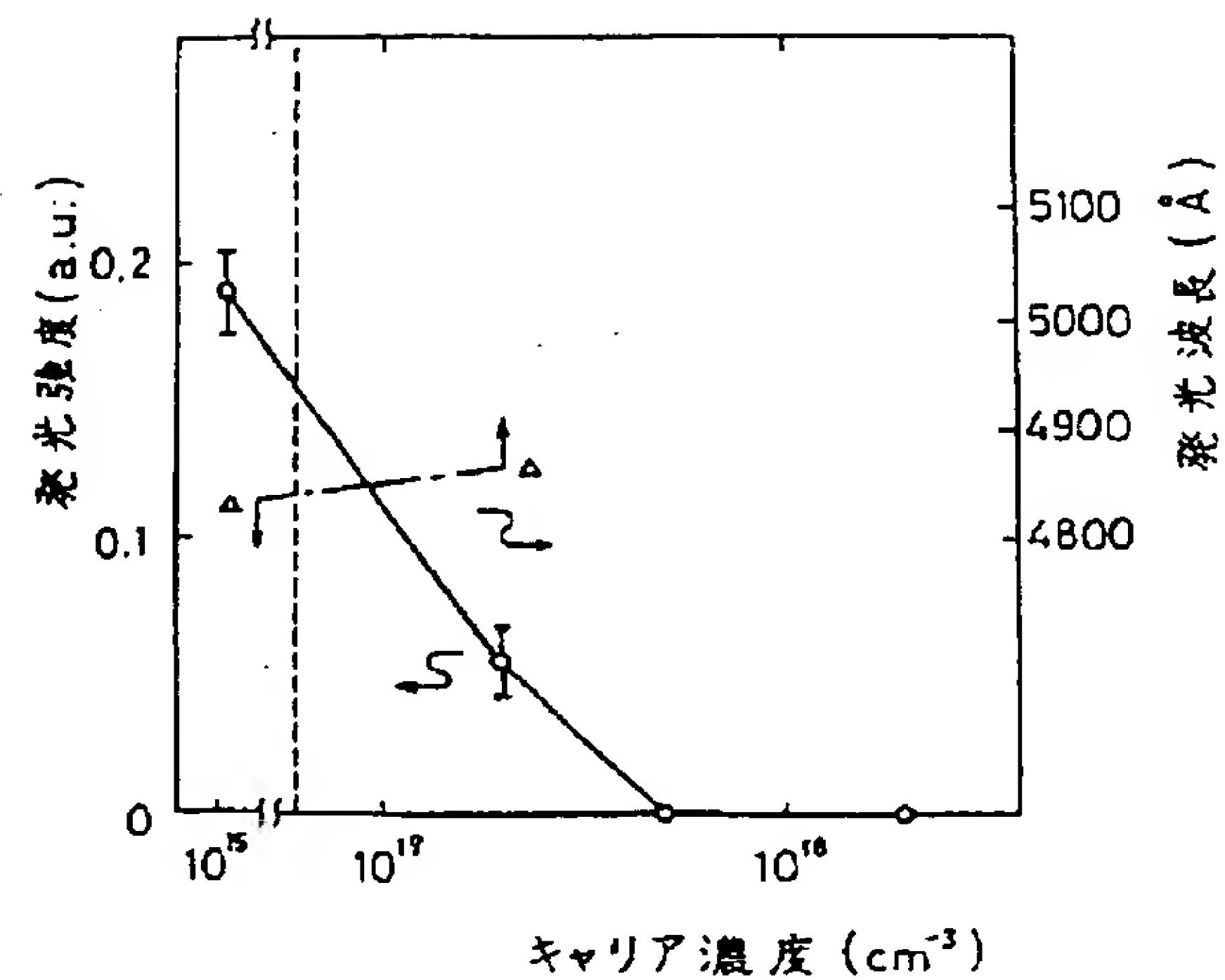
特許出願人 新技術事業部

代理人 弁理士 藤谷 修

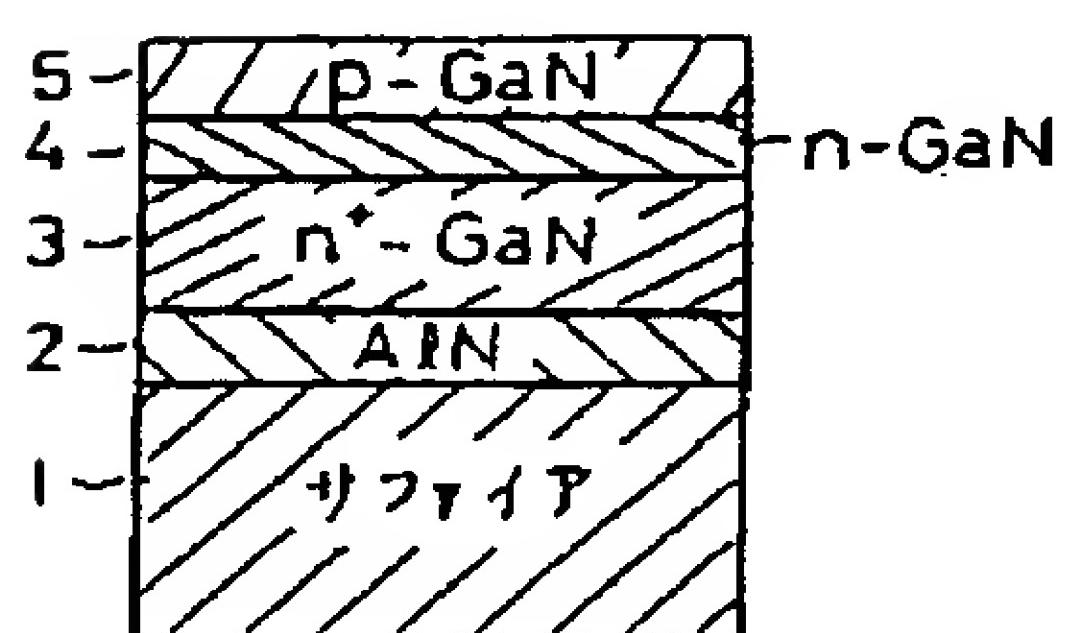
第1図



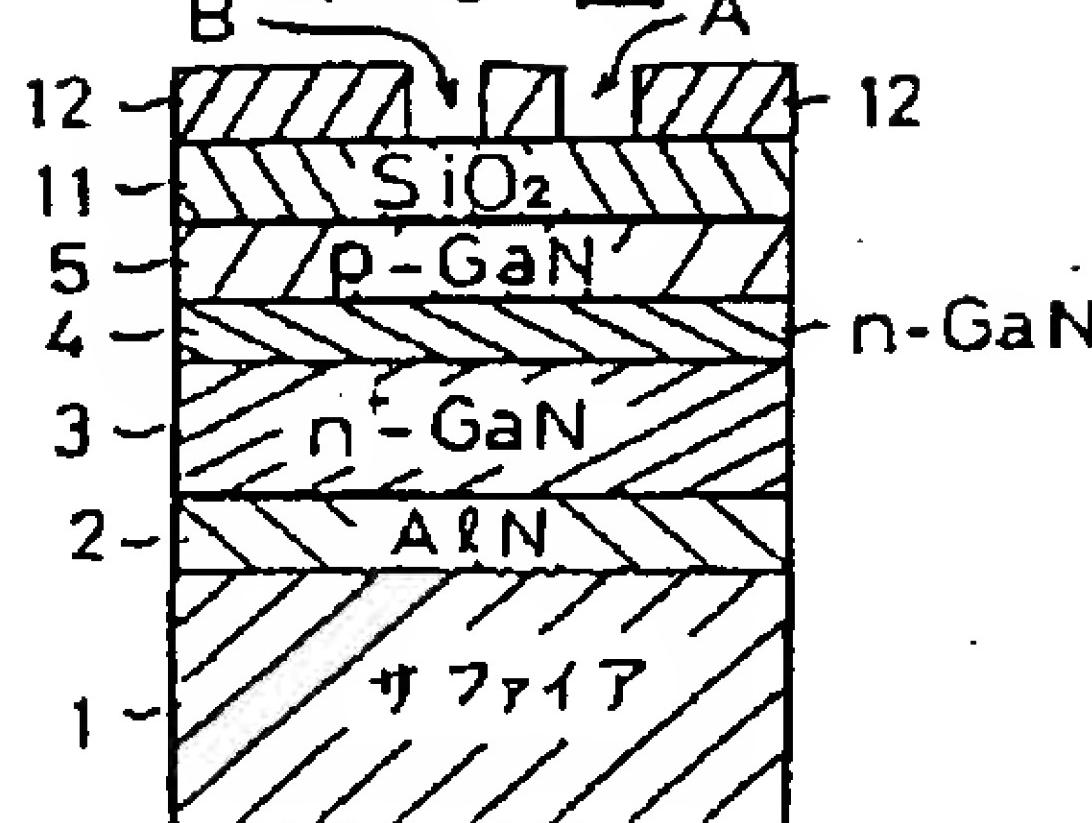
第8図



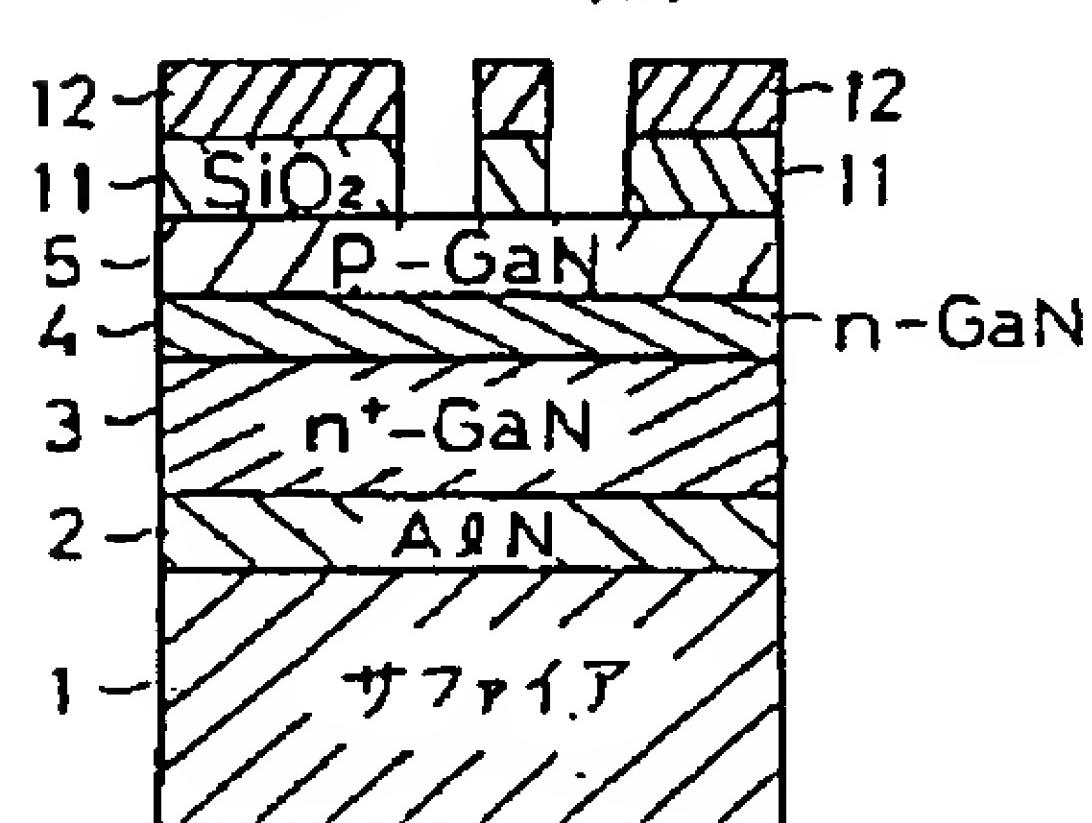
第2図



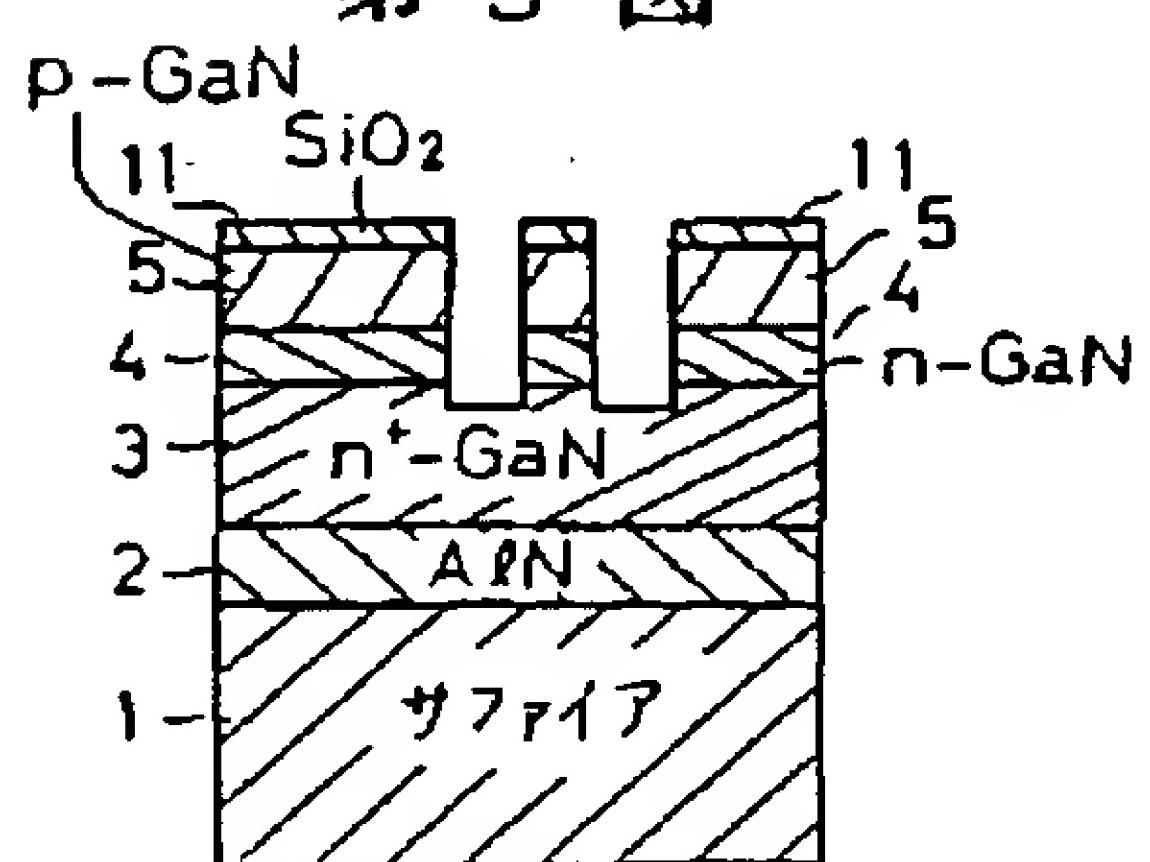
第3図



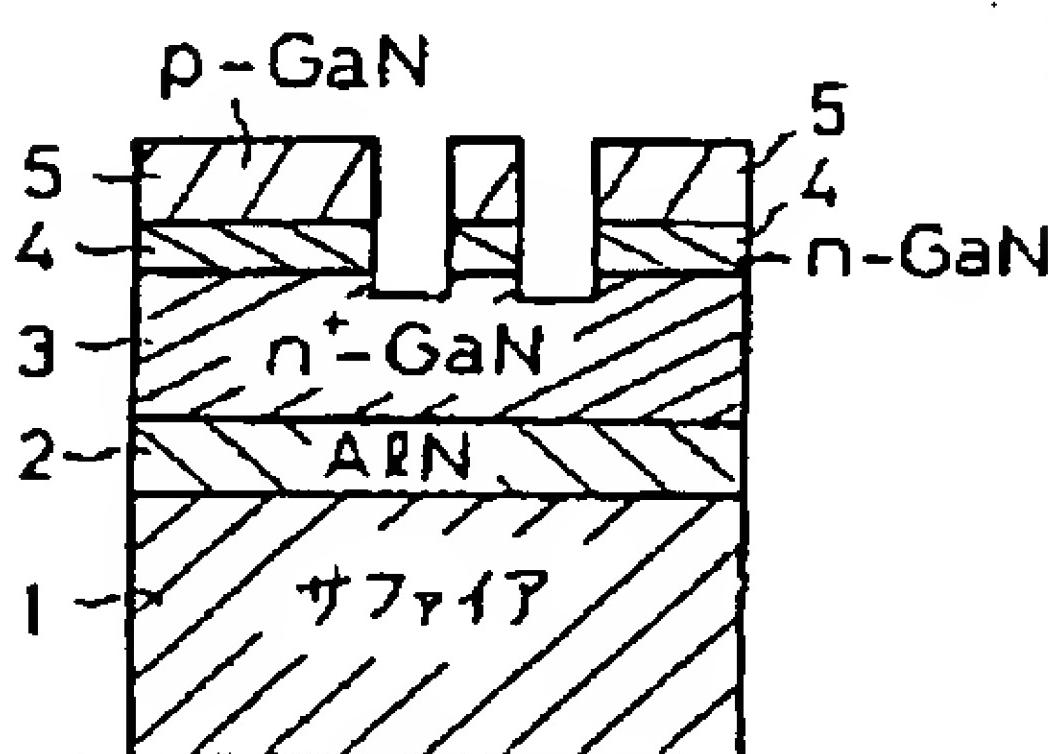
第4図



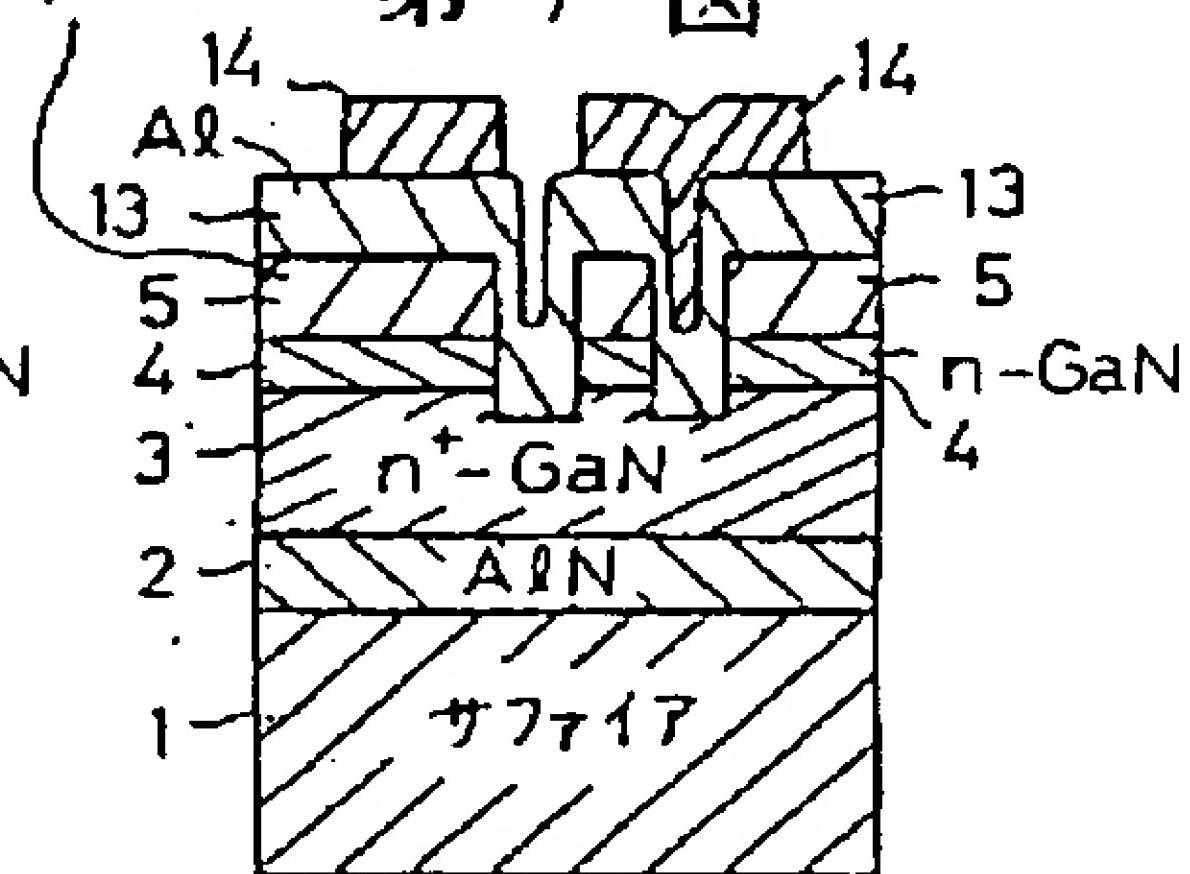
第5図



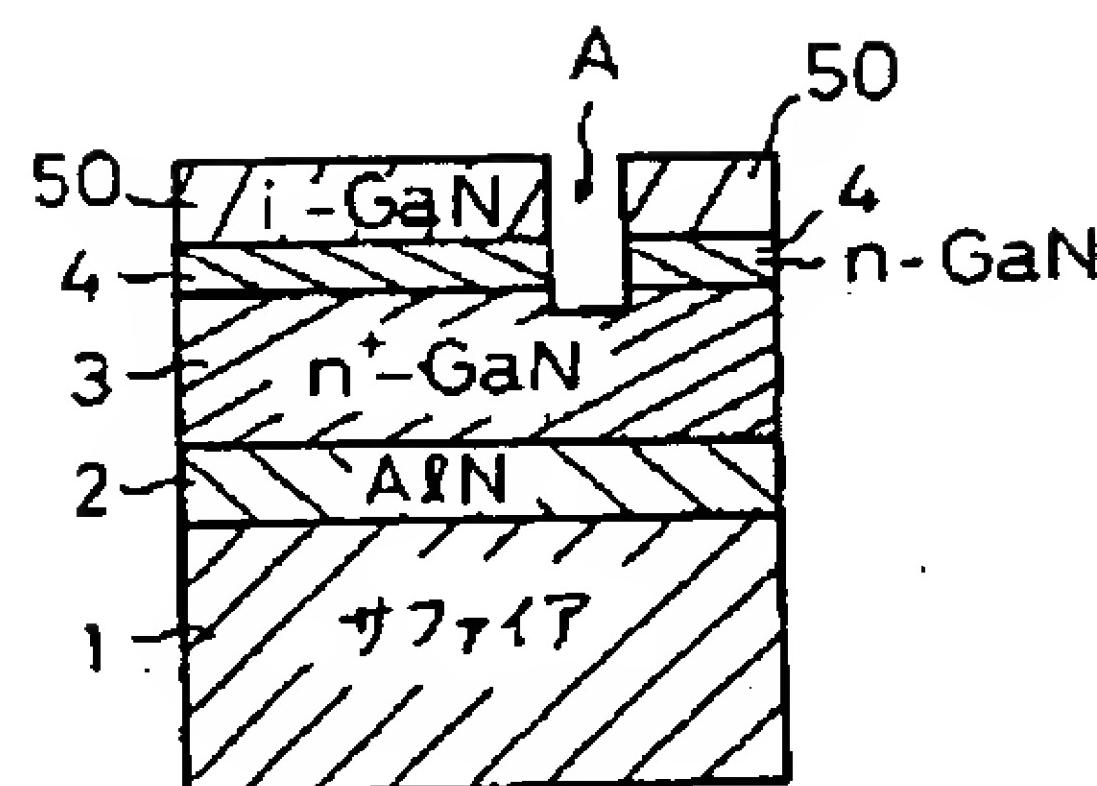
第6図



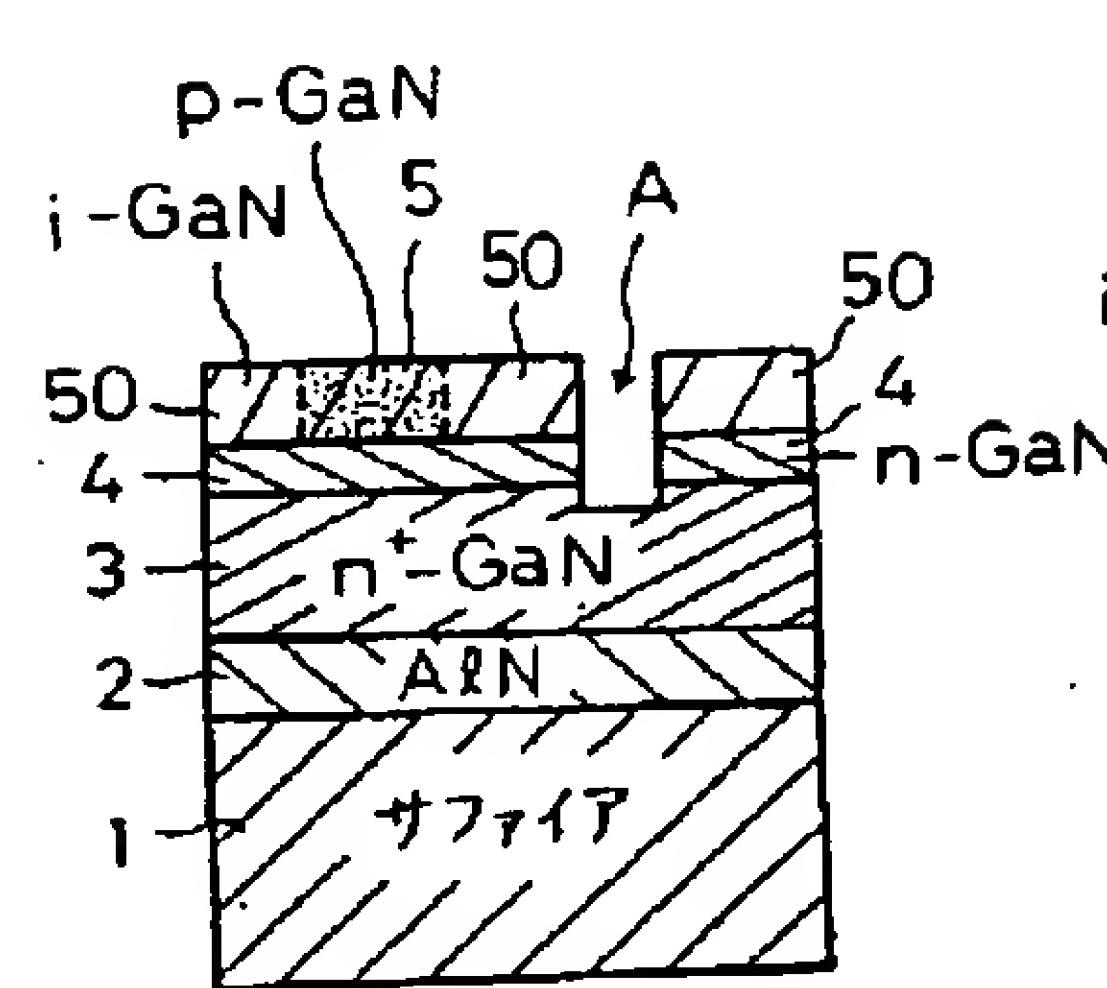
p-GaN 第7図



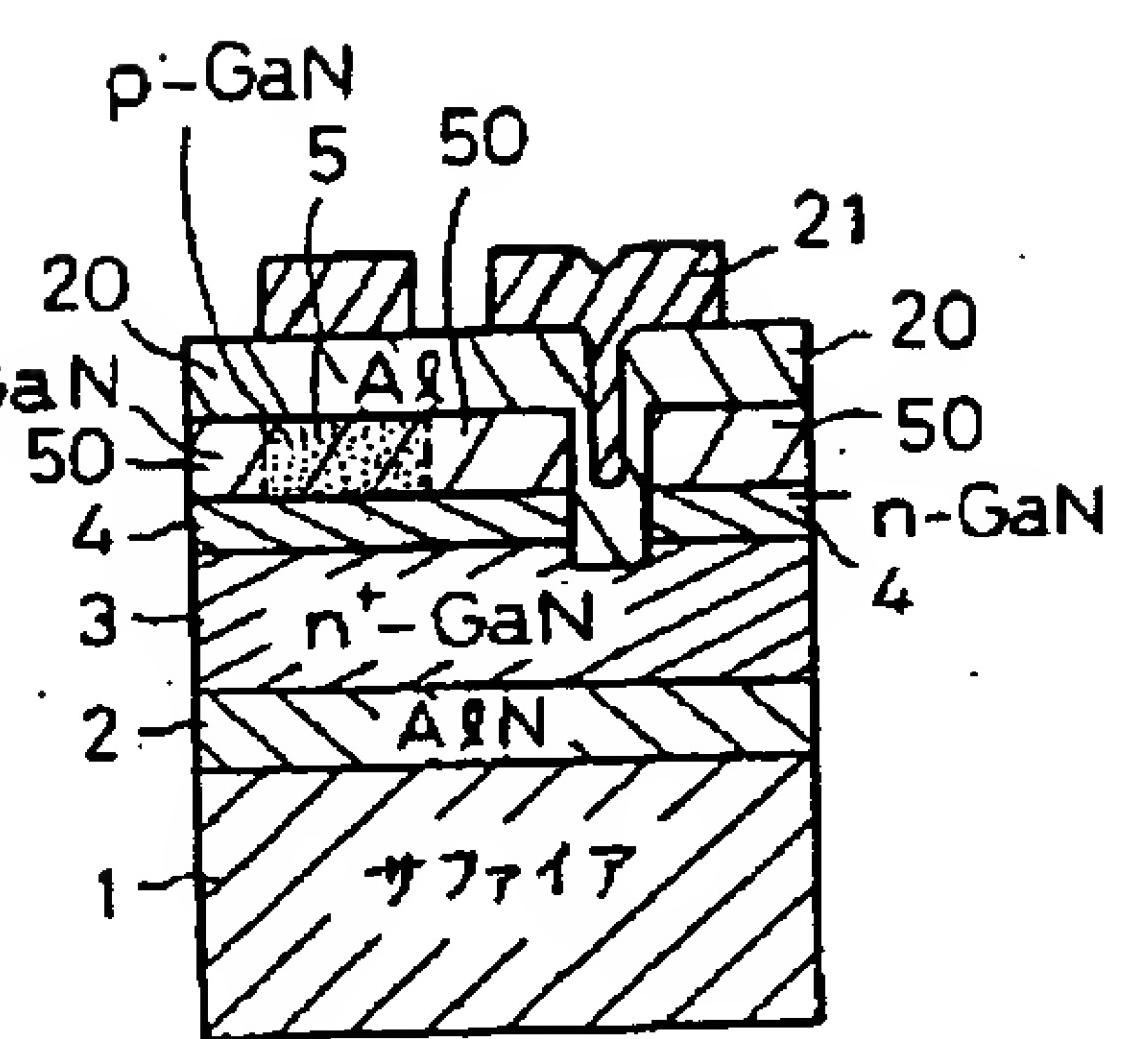
第9図



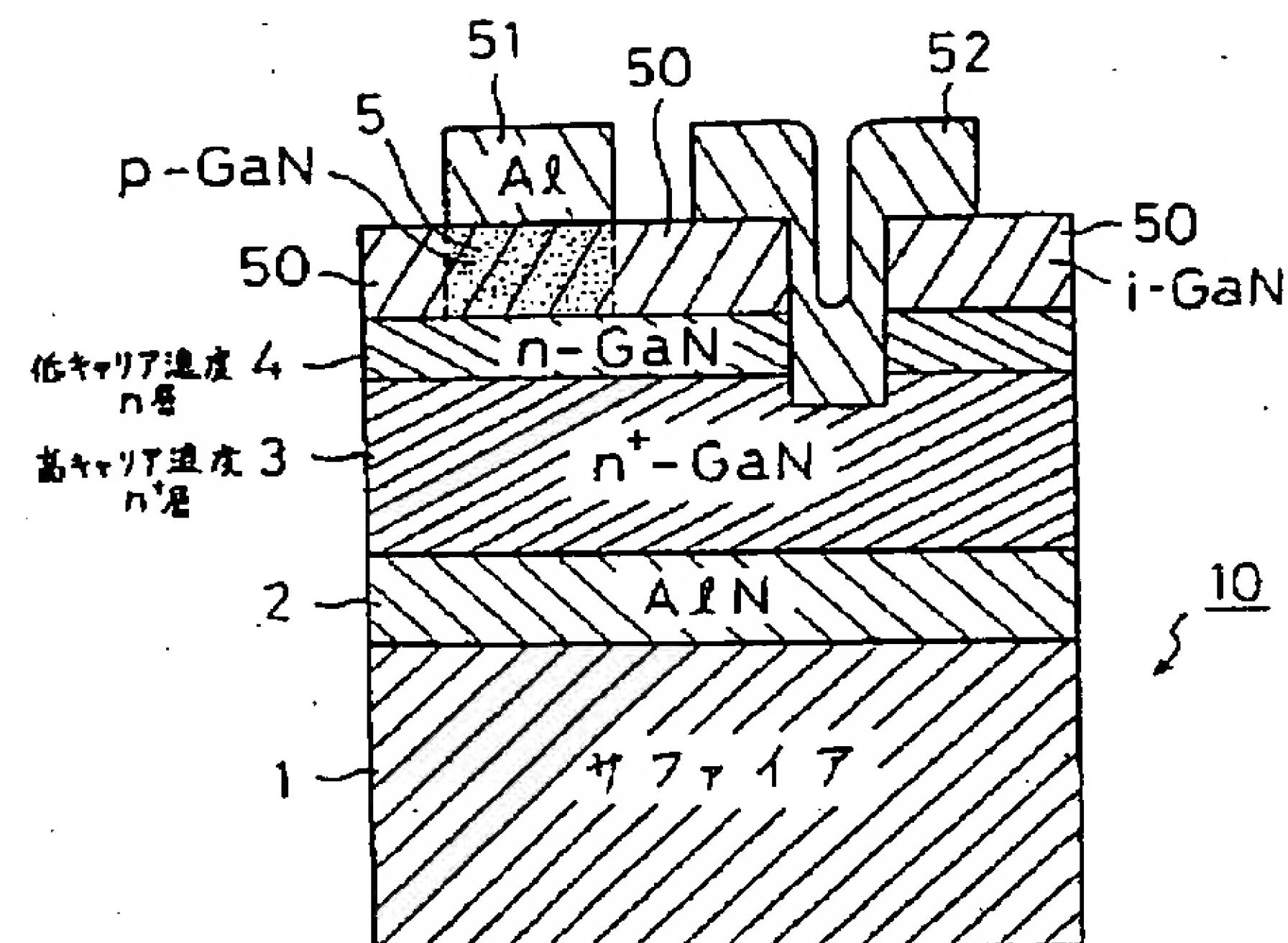
第10図



第11図



第12図



第1頁の続き

⑦発明者	加藤	久喜	愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畠1番地 豊田合成 株式会社内
⑦発明者	山崎	史郎	愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畠1番地 豊田合成 株式会社内
⑦発明者	橋本	雅文	愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会 社豊田中央研究所内
⑦発明者	赤崎	勇	愛知県名古屋市千種区不老町(番地なし) 名古屋大学内

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成8年(1996)12月24日

【公開番号】特開平4-163969

【公開日】平成4年(1992)6月9日

【年通号数】公開特許公報4-1640

【出願番号】特願平2-290057

【国際特許分類第6版】

H01L 33/00

〔F I〕

H01L 33/00

C 7809-2K

## 手 締 情 正 書

平成1年11月30日

特許庁長官殿

1. 事件の表示

昭和2年特許願第290057号

2. 発明の名前

窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

名古屋大学員

加藤 延夫

4. 代理人

愛知県名古屋市中川区一柳通1丁目23番地

土屋ビル3F

052-363-2558

(8772) 斎四士 藤谷 康

5. 補正の対象

明細書の「特許請求の範囲の欄」及び「発明の詳細な説明の欄」



## 6. 補正の内容

## I 特許請求の範囲の欄

別紙の通り。

## II 発明の詳細な説明の欄を次の通り補正する。

I 明細書の第3頁第1行目から第4頁第10行目にかけて、「本発明の構成は、……向上した。」とあるを、

「本発明の構成は、少なくともガリウム(Ga)と窒素(N)を含む窒化ガリウム系化合物半導体から成るp伝導型のp層と、少なくともガリウム(Ga)と窒素(N)を含む窒化ガリウム系化合物半導体から成り、p層に接合する低キャリア濃度のp伝導型を示す低キャリア濃度n層と、少なくともガリウム(Ga)と窒素(N)を含む窒化ガリウム系化合物半導体から成り、低キャリア濃度n層に接合する高キャリア濃度のp伝導型を示す高キャリア濃度n層とを設けたことを特徴とする。」

又、高キャリア濃度n層のキャリア濃度が $1 \times 10^{11} \sim 1 \times 10^{12}/cm^3$ であり、高キャリア濃度n層に添加されているドナー不純物は(Si)であり、高キャリア濃度n層の厚さは $2 \sim 10 \mu m$ であることを特徴とする。

さらに、n層に対する電極は、p層と前記低キャリア濃度n層と高キャリア濃度n層の表面の一端が除去されて露出した高キャリア濃度n層の表面に接合されていることを特徴とする。

## 【発明の作用及び効果】

本発明は、窒化ガリウム系化合物半導体において、p層とn層との接合が可能となった。この結果、注入キャリアの量が増加し、発光効率及び発光輝度を向上させることができた。又、n層をp層と接合する側から順に、低キャリア濃度n層と高キャリア濃度n層との二重層構造とすることで、発光ダイオードの青色の発光強度を増加させることができた。

即ち、高キャリア濃度n層によりn層全体の電気抵抗を小さくでき、発光ダイオードの直列抵抗が下がり、発光ダイオードの発熱を抑えることができる。又、p層に接合するn層を低キャリア濃度としてすることで、発光領域の青色発光を劣化させる不純物原子濃度を抑えることができる。以上的作用により、色の発光強度が向上した。」

と訂正する。

1.添付書類の目録

特許請求の範囲 ... 1 頁

## 2.特許請求の範囲

1.少なくともガリウム(Ga)と窒素(N)を含む窒化ガリウム系化合物半導体から成るp伝導型のp層と、

少なくともガリウム(Ga)と窒素(N)を含む窒化ガリウム系化合物半導体から成り、前記p層に接合する低キャリア濃度でn伝導型を示す低キャリア濃度n層と、

少なくともガリウム(Ga)と窒素(N)を含む窒化ガリウム系化合物半導体から成り、前記低キャリア濃度n層に接合する高キャリア濃度でp伝導型を示す高キャリア濃度n<sup>+</sup>層と

を有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

2.前記高キャリア濃度n<sup>+</sup>層は、キャリア濃度が $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ であることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

3.前記高キャリア濃度n<sup>+</sup>層に添加されているドーピング元素はシリコン(Si)であることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

4.前記高キャリア濃度n<sup>+</sup>層の厚さは2~10μmであることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

5.前記低キャリア濃度n層のキャリア濃度は $1 \times 10^{11} \sim 1 \times 10^{12}/\text{cm}^2$ であることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

6.前記p層のドーピング元素はマグネシウム(Mg)であることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

7.前記p層と前記低キャリア濃度n層と前記高キャリア濃度n<sup>+</sup>層の表面の一部が除去されて露出した前記高キャリア濃度n<sup>+</sup>層の表面に接合する電極が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。